Faune-PACA Publication n°78

La Pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis* dans la ZPS « Garrigues de Lançon et chaînes alentour » : estimation de la distribution, de la taille de population et de l'influence des variables environnementales



www.faune-paca.org
Le site des naturalistes de la région PACA



Octobre 2018

La Pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis* dans la ZPS « Garrigues de Lançon et chaînes alentour »: estimation de la distribution, de la taille de population et de l'influence des variables environnementales

Mots-clés : Garrigues de Lançon, Pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis*, distribution, taille de population, variables environnementales.

Auteurs : Thomas GIRARD & Olivier HAMEAU

Citation : GIRARD T. & HAMEAU O. (2018) La Pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis* dans la ZPS « Garrigues de Lançon et chaînes alentour » : estimation de la distribution, de la taille de population et de l'influence des variables environnementales. *Faune-PACA publication* 78 : 27 pp.

Résumé

La Pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis* est une espèce avec une aire de répartition restreinte et dont les populations sont en déclin. Dans les Bouches-du-Rhône, on la retrouve principalement dans les milieux de garrigues. Une étude réalisée en 2013 a montré que la ZPS des garrigues de Lançon et chaînes alentour était susceptible d'accueillir les effectifs les plus importants du département. La présente étude a permis de réaliser un recensement approfondi de la distribution et des effectifs de Pies-grièches méridionales au sein de la ZPS, ainsi que de préciser les preferenda écologiques de l'espèce. Au total, 187 points d'observation et d'écoute ont été réalisés sur une surface couvrant près de 70% de la surface d'habitats favorables identifiés sur la zone d'étude. Trois méthodes d'estimation ont été mises en œuvre : une extrapolation proportionnelle et une extrapolation considérant l'influence des variables environnementales, avec ou sans prise en compte de la détectabilité imparfaite de l'espèce. Les estimations obtenues à partir des deux premières méthodes, très proches, sont comprises entre 84 et 136 territoires ou couples. Nous avons de bonnes raisons de penser que les estimations à partir de la dernière méthode sont peu fiables, en raison de la présence d'un biais conduisant à une sous-estimation de la probabilité de détection. Les résultats obtenus sont largement supérieurs aux estimations à dire d'experts et indiquent que la ZPS des garrigues de Lançon et chaînes alentour accueille des effectifs remarquables pour cette pie-grièche. Il s'agit certainement de la population la plus importante des Bouches-du-Rhône, dépassant celle de la ZPS de Crau, jusqu'alors considérée comme bastion de l'espèce en PACA. La conservation de cette population revêt donc un enjeu majeur pour l'espèce en Provence. L'influence positive des incendies sur la présence de la Pie-grièche méridionale, en tant que facteur d'ouverture du milieu, a été mise en évidence dans le cadre de cette étude. A l'inverse, le pastoralisme et les travaux d'ouverture du milieu ne semblent pas suffire pour favoriser la présence de l'espèce. L'influence négative des activités anthropiques sur la présence de la Pie-grièche méridionale souligne l'intérêt de maintenir de grandes surfaces d'habitats favorables pour la conservation de l'espèce.

Remerciements

Nous remercions Alexandre Millon, Maître de Conférences à l'Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale, pour sa collaboration et sa précieuse aide à la modélisation.

Nous remercions Alexandre Lautier, chef de projets espaces naturels et agriculture à la Métropole Aix-Marseille-Provence, pour son accompagnement technique dans la réalisation de cette étude.

Nous remercions Agathe Leriche, Maître de Conférences à l'IMBE, pour son aide sur les Systèmes d'Informations Géographiques.

Nous remercions également Annabelle Piat, chargée de mission Natura 2000 au PNR des Alpilles, pour nous avoir communiqué ses travaux et pour les échanges concernant ces derniers.

Nous remercions Gaël Bettinelli, chef du pôle forêt à la DDTM 13, pour nous avoir transmis de nombreuses données spatialisées concernant les incendies et les travaux d'ouvertures du milieu, et sans lesquelles ce travail n'aurait pu être réalisé.

Nous remercions également Christiane Eydoux (AMP Métropole) et Rémi Mazeron (Alcina) pour nous avoir communiqué des jeux de données spatialisées.

Nous remercions Gabriel Caucal pour sa participation aux dernières journées de terrain.

Nous adressons enfin toute notre gratitude aux observateurs ayant participé au camp de prospection : Pierre Barré, Gabriel Caucal, Jean

Marc Chianea, Alain Clermidy, Laura Csukonyi, Cécile_Danovaro, Christine Delorme, Geneviève Delvoye, Gabrielle Dufourmantelle, Claude Falke, Nicolas Fuento, Eric Georgeault, Patrick Höhener, Bastien Jorigné, Maxime Juignet, Alexandre Lautier, Florent Lecourtier, Anselme Mahy, Julie Merigot, Dominique Nouvellon, Manon Pastor, Renée Pennec, Jean-Louis Pujol, André Renoux, Chantal Seguin, Charles Tessier, Aurélie Torres, Robert Weimer.

Sommaire

Introduction

La dynamique des populations de Pie-grièche méridionale (*Lanius meridionalis*) suit la tendance générale au déclin du genre Lanius (Yosef 1994).). Les pies-grièches sont des passereaux inféodés aux milieux ouverts à semi-ouverts (Lefranc 1993). Strictement inféodée au climat méditerranéen, la Pie-grièche méridionale réside dans différents types d'habitats selon les régions, comprenant les zones agricoles, les steppes et les garrigues (Paulus 2009). Dans les massifs calcaires de Provence, elle affectionne la garrigue basse dégradée à Chêne kermès *Quercus coccifera*, considérée comme son habitat de prédilection (Lefranc, 1993). Dans ces écosystèmes, les principales menaces pour l'espèce sont la modification des paysages, induisant la fragmentation ou la destruction de l'habitat, et la fermeture du milieu due à la réduction de l'activité pastorale (Issa & Lefranc 2011). La Pie-grièche méridionale est considérée comme étant une espèce migratrice partielle (Lefranc 1993). Alors que les mâles semblent rester sur le territoire de reproduction toute l'année, en dehors de la période de reproduction, certaines femelles fréquentent vraisemblablement des zones plus marginales et moins favorables (Campos & Martín 2010). Son régime alimentaire est majoritairement composé d'insectes et, dans une moindre proportion, de petits vertébrés (Lepley 1998, Lepley *et al.* 2004, Hódar 2006). C'est une espèce territoriale dont la fidélité au site de reproduction dépend de son succès (Campos *et al.* 2010). Le domaine vital de l'espèce est de l'ordre de 10 à 20 ha environ (Issa & Lefranc 2011). L'aire de distribution de l'espèce se limite à la péninsule ibérique et au sud de la France. Une aire de distribution restreinte et la tendance générale des populations en déclin font de la Pie-grièche méridionale classée sur la liste rouge des espèces menacées, « En danger » au niveau national et « Vulnérable » au niveau mondial (UICN France 2016, BirdLife International 2017). C'est pourquoi elle fait l'objet, avec trois autres espèces de Pies-grièches, d'un Plan national d'action (Lefranc & Issa 2013) ayant débuté en 2014 pour une durée de quatre ans. L'essentiel des populations de Pie-grièche méridionale est situé en Espagne avec des effectifs importants estimés à 200 000 - 250 000 couples nicheurs, mais ces populations seraient en déclin (Hernández & Infante 2003). Au Portugal les estimations donnent 10 000 à 50 000 couples pour une tendance stable (BirdLife International 2004). L'estimation la plus récente de la population française donne des effectifs compris entre 550 et 1150 couples, avec une régression des populations de l'ordre de 40 % en 16 ans (Hameau & Gilot 2015). Cependant les estimations des effectifs français présentent une incertitude importante due à l'absence d'utilisation d'un protocole standardisé. Malgré la tendance générale de régression des populations avérée, l'amplitude historique du déclin et les tendances démographiques actuelles sont encore inconnues (Piat 2013 a). L'évaluation des tendances démographiques est essentielle pour déterminer l'état de conservation d'une espèce et diriger la prise de décisions sur des actions à engager (Couturier *et al.* 2013). L'estimation de la taille de population est quant à elle un prérequis indispensable à l'étude de ces tendances (Thiollay & Bretagnolle 2004) et le choix de méthodes pertinentes permet à cette estimation d'être précise et non biaisée (Thompson *et al.* 1998). La présence de l'espèce cible, c'est-à-dire la proportion d'unité d'échantillonnage qu'elle occupe, constitue une alternative de moindre coût (Noon *et al.* 2012).

En 2012 la collaboration de la LPO PACA, du Conservatoire des Espaces Naturels de Provence (CEN PACA) et de l'Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale (IMBE, Aix-Marseille Université) a permis l'élaboration d'un protocole d'échantillonnage standardisé (Hameau 2012). Dans les Bouches du Rhône, la Pie-grièche méridionale est absente des zones agricoles. On ne la retrouve que dans les garrigues des massifs calcaires, à l'exception de la steppe de Crau. Cette dernière était jusqu'alors considérée comme le bastion de l'espèce en PACA avec un nombre de couples estimé entre 65 et 100 lors des derniers recensements, effectués en 2009 (Lefranc & Vincent Martin, non publié). Cependant une étude conduite en 2013 dans les garrigues des Bouches-du-Rhône a mis en avant la présence d'effectifs nettement supérieurs aux estimations antérieures, à partir de l'échantillonnage de 16% des garrigues du département (Piat 2013 a et b).

Cette étude révélait également que la population de la ZPS « Garrigues de Lançon et chaînes alentours » semblait être la plus grande du département, avec 108-136 couples estimés (Piat 2013 b). Ces effectifs s'avéraient alors nettement supérieurs aux estimations à dire d'experts de 30-50 couples (Paulus 2009, formulaire standard de données inventaires Natura 2000). C'est ce qui a motivé la réalisation d'un recensement de *Lanius meridionalis* au sein de cette ZPS avec pour objectifs :

- étudier la distribution et la taille de la population de Pie-grièche méridionale suivant la méthodologie proposée dans le cadre du PNA ;
- déterminer l'importance de certains facteurs environnementaux ayant une influence sur la présence de l'espèce ;
- préciser la responsabilité de cette ZPS dans la conservation de l'espèce et proposer des mesures de gestion adaptées.



Travaux d'ouverture DFCI dans les garrigues de Lançon © O. Hameau

Matériel et méthode

Zone d'étude, stratégie d'échantillonnage et protocole

L'étude a été conduite dans les zones de garrigue dégradée à Chêne kermès Quercus coccifera de la ZPS. Ce type de milieu est identifié comme accueillant l'essentiel sinon la totalité des effectifs du département des Bouches du Rhône, à l'exception de la steppe de Crau. Les zones agricoles ont été exclues des prospections ; en effet aucun cas de reproduction avéré n'est rapporté pour la période 2007 – 2017 dans les espaces agricoles de plaine (< 300-400 m) du département (bases de données naturalistes Faune PACA & SILENE). La zone d'étude est soumise à un climat méditerranéen caractérisé par une période de sécheresse estivale et sujette à un vent violent, le mistral. De par son climat et sa végétation facilement inflammable, le secteur d'étude est particulièrement sujet aux incendies (Hetier 1993, Bonnet *et al.* 2003). La garrigue, formation végétale faisant suite à cette perturbation, est caractéristique des milieux calcaires méditerranéens. Les espèces végétales typiques de cette formation sont de petits ligneux sempervirents tels que le Chêne vert *Quercus coccifera*, le romarin *Rosmarinus officinalis*, le ciste cotonneux *Cistus albidus*, et l'Ajonc de Provence *Ulex parviflorus* (Martin, 1983). Le protocole de recensement des pies-grièches, défini dans le cadre du Plan national d'action et mis en application depuis 2012 sur les principaux massifs calcaires de basse-Provence (Hameau 2012), a servi de base dans le cadre de cette étude. La ZPS a été divisée en mailles de 2 km de côté et celles qui présentent plus de 50% de garrigue ont été identifiées par photo-interprétation sur SIG (QGIS version 2.14.8). Les mailles de garrigue ainsi délimitées ont ensuite été redécoupées en carrés de 25 hectares (500m x 500m), superficie couvrant le domaine vitale de la Pie-grièche méridionale (Issa & Lefranc 2011). Seuls les carrés occupés par plus de 50% de garrigue ont été retenus. Un repérage sur le terrain (janvier – février) a ensuite été réalisé sur les secteurs retenus pour caractériser l'habitat sur chaque carré et distinguer de cette façon les carrés avec garrigue basse majoritaire (> 50% de la surface) de ceux avec garrigue haute majoritaire. Des carrés supplémentaires de 25 ha, présentant plus de 50% de garrigue basse mais situés en dehors des mailles définies initialement par photo-interprétation, ont également été identifiés au cours de ce repérage pour être intégrées à l'échantillonnage ; il s'agit principalement de carrés en marge des mailles. Tous les carrés couverts majoritairement de garrigue basse à chêne kermès ont finalement été prospectés, à l'exception de certains secteurs privés, pour lesquels une autorisation d'accès n'a pu être obtenue. Un point d'observation a été placé au sein de chaque carré de prospection. Le point a été placé en tenant compte de l'accessibilité et de la meilleure couverture visuelle offerte. Deux passages de 15 minutes d'observation et d'écoute sur chaque point ont été réalisés du 06 mars au 15 avril, durant la période de cantonnement des couples, avec au moins une semaine d'intervalle entre les deux passages. Les prospections ont été réalisées par météo favorable : vent nul ou faible – inférieur ou égal à 15 km/h environ – et sans pluie. Les conditions météorologiques ont été codifiées lors des points d'observation. Les observations ont été réalisées aux jumelles et à la longue-vue. Toutes les pies-grièches observées durant les prospections ont été positionnées sur un fond carte IGN 1/25 000. Les contacts de Pie-grièche méridionale réalisés durant la réalisation d'un point mais à l'extérieur du carré prospecté ou en dehors du temps d'observation ont également été notés. Le premier passage sur l'ensemble des points prospectés a été réalisé par 2 observateurs. Le second passage a fait l'objet d'un camp de

prospection ornithologique, organisé sur 3 matinées consécutives (13-15 avril) et mobilisant 18 observateurs bénévoles de la LPO (27 matinées-hommes au total).

1er Objectif : Estimation de la distribution et de la taille de population

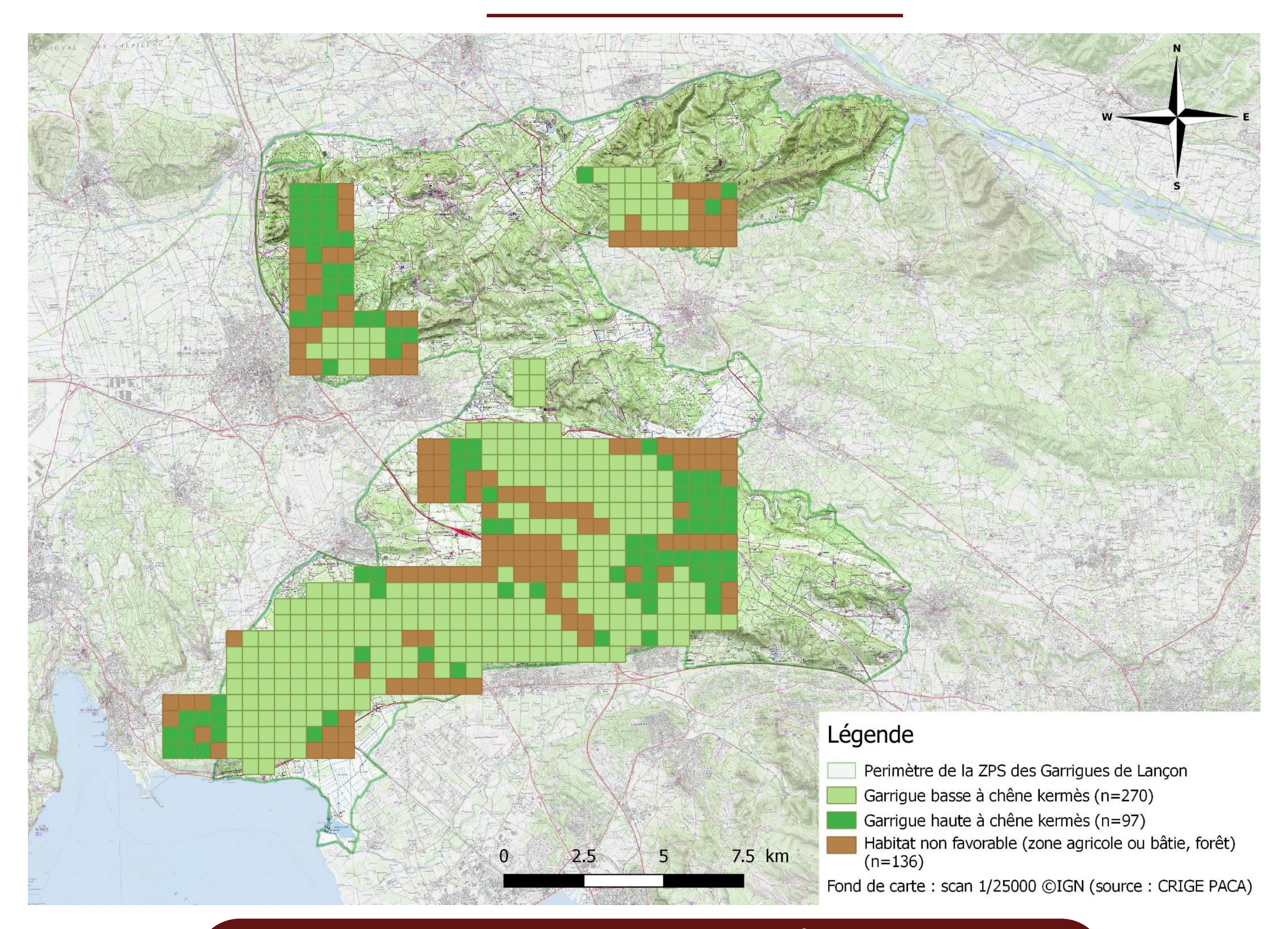
Introduction

Afin d'estimer la taille de population de la Pie-grièche méridionale au sein de la ZPS « Garrigues de Lançon et chaînes alentours », trois approches ont été utilisées. La première approche dite « proportionnelle » consiste à estimer la probabilité de présence de l'espèce à partir des zones échantillonnées (nombre de carrés avec présence/nombre de carrés prospectés ; information cumulée à partir des 2 passages), puis à extrapoler ces résultats à l'ensemble de la zone d'étude de façon proportionnelle. Cette approche considère que les secteurs échantillonnés et non échantillonnés sont semblables, et que la probabilité de détecter l'espèce est égale à 1. La seconde approche dite « habitat » est basée sur l'utilisation des Modèles Linéaires Généralisés (GLM). Elle relâche l'hypothèse d'homogénéité des milieux, et prend en compte le fait que la distribution de l'espèce est influencée par certaines variables environnementales. La caractérisation des facteurs influençant la présence de l'espèce permet de prédire sa distribution sur les secteurs non échantillonnés pour lesquels ces variables environnementales sont disponibles. Cette estimation considère elle aussi que la probabilité de détecter l'espèce est égale à 1.

La troisième approche dite « habitat + détection » est basée sur l'utilisation de Modèles Hiérarchiques qui distinguent le processus d'observation (l'espèce est observée ou non au cours d'un passage) du processus biologique (l'espèce occupe ou non une unité d'échantillonnage). Elle tient compte de l'effet des variables environnementales sur la probabilité de présence de la Pie-grièche. Mais elle relâche également l'hypothèse d'une détection parfaite et permet d'estimer, sur la base de multiples passages, la probabilité de détection de l'espèce. Cette approche permet de tenir compte de l'effet de certaines variables sur la détection qui n'influencent pas en revanche la probabilité de présence réelle de l'espèce dans un carré.

Pour l'extrapolation des résultats obtenus aux zones non échantillonnées seuls les carrés jugés favorables à l'espèce, c'est-à-dire comportant au moins 50% de garrigue basse, ont été retenus. Une vérification a été réalisée dans un premier temps par photo-interprétation sous Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) (QGIS version 2.14.8). Quand cela était possible une vérification sur le terrain a aussi été effectuée lors de la phase de repérage. La mise en œuvre de la méthode d'extrapolation est expliquée da façon détaillée à la fin de cet article (annexe 1). Un intervalle de confiance a été construit pour chaque estimation de taille de population à partir d'un ré-échantillonnage aléatoire du jeu de données. Dans la suite de cet article, les estimations de taille de population sont systématiquement accompagnées de l'intervalle de confiance à 95% entre crochets. Toutes les analyses statistiques ont été menées sur R version 3.4.3 (R Development Core Team, 2011).

Figure 1 : Cartographie de l'habitat des carrés prospectés au sein de la ZPS des Garrigues de Lançon



Résultats

Au total 270 carrés, jugés favorables par photo-interprétation et lors des prospections de terrains, ont été retenus pour l'extrapolation. Parmi ces carrés, 187 ont été échantillonnés, soit 69% de la surface totale d'habitats favorables de la ZPS. Sur les 187 carrés prospectés, la Pie-grièche méridionale a été contactée sur 81 d'entre eux pour un total de 117 individus contactés (n=1 : 53 carrés ; n=2 : 22 carrés ; n=3 : 5 carrés ; n=5 : 1 carré). La présence de l'espèce a été constatée lors des 2 passages sur 19 carrés, uniquement lors du premier passage sur 40 carrés et uniquement lors du second sur 22 carrés. De plus, 89 observations d'un individu ou d'un couple ont été réalisées hors protocole (hors temps d'observation ou hors carré), révélant l'occupation de 30 carrés supplémentaires par l'espèce.

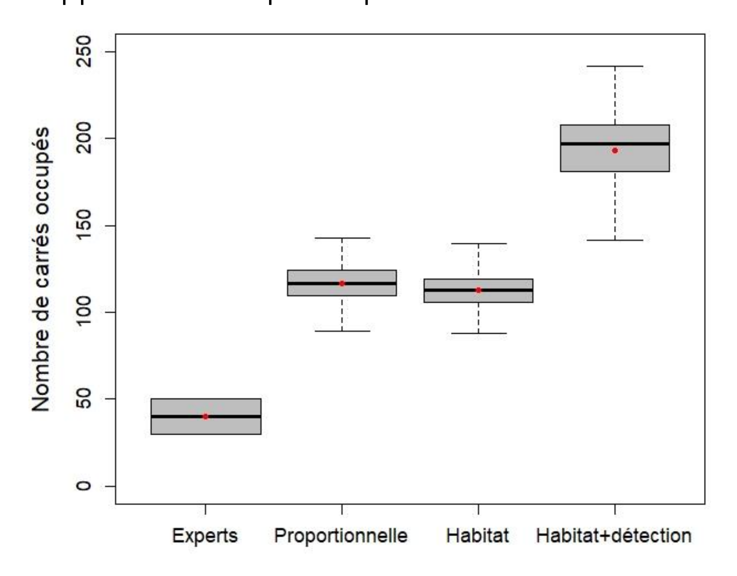


Figure 2 : Estimation de la distribution de la Pie-grièche méridionale par les différentes approches. Avec valeur moyenne (point rouge), médiane (trait gras horizontal), 1er et 3ème quartile (partie inférieure et supérieure de la boite), intervalle de confiance (barre verticale en pointillé).

Le nombre de couples de Pie-grièche méridionale à dire d'experts dans la ZPS s'élève à 40 [30 ; 50]. La proportion de carrés échantillonnés et occupés est de 0,43. Par simple règle de trois, l'estimation grâce à l'approche « proportionnelle » s'élève à 117 carrés occupés [98 ; 136]. Le coefficient de variation (CV) évalue la précision autour de l'estimation ; plus il est faible, plus l'estimation est précise. Pour l'approche « proportionnelle » il est égal à 8,3%. L'approche « habitat », en sommant les probabilités de présence sur chaque carré jugé favorable, donne une estimation de la distribution de population égale à 113 carrés occupés [94 ; 133] avec un CV de 8,6%. L'estimation de la distribution de population par l'approche « habitat + détection » s'élève quant à elle à 197 carrés occupés [149 ; 219] avec un CV de 9,9%. Les résultats des estimations de distribution de l'espèce par les différentes approches sont synthétisés dans la Figure 2.

Discussion

Dans un premier temps, nous considérons que la détection d'un individu suppose la présence de son partenaire même si celui-ci n'est pas observé. Par conséquence, la présence d'une Pie-grièche méridionale dans un carré a donc été assimilée ici au territoire d'un couple. La taille de population à dire d'experts est de 40 couples [30 ; 50]. Durant le recensement des populations réalisé en 2018, 81 carrés se sont révélés occupés par l'espèce. Le nombre total d'observations recueillies au cours du suivi réalisé excède donc la valeur maximale de l'estimation à dire d'experts (81 contre 50) alors que la surface totale prospectée ne représente que 69% de l'habitat jugé favorable. De façon générale, en Europe, les estimations d'effectifs pour de nombreuses espèces d'oiseaux sont majoritairement données à dire d'experts, et sont rarement issues de protocoles standardisés, voire ne reposent sur aucune donnée quantitative. De ce fait, si les effectifs des espèces faisant l'objet d'un suivi ciblé, avec un protocole adapté, sont relativement fiables, celles pour les espèces moins suivies sont plus aléatoires (Millon & Bretagnolle 2004). L'absence de protocole standardisé rend difficile l'étude de l'évolution de l'aire de répartition des différentes espèces et plus encore celle des

tendances de populations. A partir de l'échantillonnage réalisé, 43% des carrés en moyenne sont occupés par la Pie-grièche méridionale. Après extrapolation cela représente 117 carrés occupés [98 ; 136]. Cette estimation est 3 à 4 fois supérieure à l'estimation à dire d'experts. Cette approche est basée sur l'hypothèse que la zone d'étude est homogène en termes d'habitat, et projette les résultats obtenus à partir des carrés échantillonnées à ceux non échantillonnées sans tenir compte de la variabilité entre les carrés. L'utilisation de cette approche est valide du fait que les carrés échantillonnés ont été attribuées aux observateurs de manière aléatoire. L'absence d'échantillonnage sur certains carrés est uniquement liée à une absence d'autorisation d'y circuler (propriétés privées) ou à un manque de temps suite à une longue période de conditions météorologiques défavorables (évènements pluvio-orageux), et non pas à une connaissance a priori de la présence/absence de l'espèce sur ces carrés. L'approche « habitat » relâche l'hypothèse d'homogénéité du milieu par la prise en compte des variables environnementales, et donne une estimation proche de 117 carrés occupés [100 ; 135]. Cette valeur est très proche de l'estimation par l'approche « proportionnelle », indiquant que les carrés échantillonnés sont représentatifs de l'ensemble de la zone d'étude. Les deux approches précédentes étaient basées sur l'hypothèse que toutes les pies-grièches présentes sur un carré étaient contactées au moins une fois après 2 passages consécutifs (détectabilité égale à 1). Cependant, parmi les carrés ayant fait l'objet de deux passages et pour lesquelles l'espèce a été contactée (n=81), 62 carrés (77%) ont fait l'objet d'une seule détection au cours des 2 passages (40 pour le premier passage et 22 pour le deuxième). La probabilité de détection moyenne est de 38 % (i.e. sans tenir compte des variables qui pourraient l'influencer), ce qui veut dire que lors d'un unique passage, la présence de l'espèce à moins d'une chance sur deux d'être détectée. Si un deuxième passage est effectué, cette probabilité est d'environ 60 %. De ce fait, même en effectuant deux passages, il est possible que l'espèce ne soit pas observée alors qu'elle est présente, pour environ 40% des carrés. L'estimation par l'approche hiérarchique « habitat + détection », qui considère à la fois la détection imparfaite de l'espèce et l'influence des variables environnementales sur la probabilité de présence, est par conséquent plus élevée avec 201 carrés occupés [152 ; 232]. Considérant la différence entre l'estimation à dire d'experts et les estimations basées sur les données que nous avons récoltées grâce à un protocole standardisé en 2018, il semble nécessaire de s'interroger sur les potentiels biais inhérents aux différentes approches. Les estimations de la taille de population peuvent être biaisées pour plusieurs raisons.

Surestimation

Le protocole utilisé ici repose sur l'hypothèse d'une unité d'échantillonnage fermée, impliquant qu'entre deux passages un carré ne change pas de statut en termes de présence/absence de l'espèce. Le déplacement d'un individu entre deux carrés d'un passage à l'autre peut entrainer un double comptage de ce même individu et conduire à une surestimation de la taille de population. Ces déplacements auraient pour conséquence une surreprésentation des carrés où l'espèce a été détectée au cours d'un passage par rapport à ceux où elle a été détectée lors des deux. Nous avons donc examiné la distribution des observations en tenant compte de la détectabilité (annexe 4). L'approche « habitat + détection » estime la probabilité de détection à 0,38 sur un passage et à 0,62 en cumulé sur deux passages. Cette valeur est relativement faible. Pour comparaison, l'étude réalisée en 2013 avait montré des valeurs de détectabilité supérieure à 0,50 sur un passage et

proches de 0,80 sur deux passages cumulés (Piat 2013 a et b). En examinant ici la distribution des observations de Pie-grièche méridionale sur les deux passages, il s'avère que le nombre d'observations au second passage est anormalement faible par rapport au premier (22 contre 40) et que la distribution de nos observations n'est pas en accord avec la distribution théorique attendue (annexe 4). Ce biais pourrait être lié au fait que la réalisation du second passage ait été concentrée sur les trois jours du camp de prospection. Cette hypothèse est appuyée par le fait que la date présente une influence sur la détectabilité (annexe 3.b) et que plus on avance dans la saison, plus la détectabilité diminue. Cela a pour conséquence une sous-estimation de la détectabilité de l'espèce et donc une surestimation de la probabilité de présence. Nous pensons que la probabilité de présence réelle est intermédiaire entre la valeur brute et celle de l'approche « habitat + détection » (entre 0,43 et 0,70). Par conséquent, nous n'avons pas détecté de transience dans le jeu de données recueilli (déplacement d'individus entre les deux passages pouvant mener à du double comptage) mais un biais plutôt lié à un nombre d'observations anormalement faible lors du second passage impliquant une surestimation de la taille de population à partir de la méthode « habitat + détection ». La transformation de données de distribution en estimation de taille de population peut quant à elle conduire à un autre biais, lié au fait qu'un territoire peut chevaucher plusieurs unités d'échantillonnage. Bien que la superficie de 20 ha des carrés ait été choisie pour correspondre au maximum du domaine vital proposé pour cette espèce (Issa & Lefranc 2011), la localisation du territoire n'est pas nécessairement centrée sur celle du carré. Par conséquent, le territoire d'un couple peut être à cheval sur plusieurs carrés et entrainer une double détection des mêmes individus. Des analyses cartographiques ont été conduites pour évaluer ce biais et montrent que quelques territoires se chevauchent et pourraient être assimilés à des territoires uniques. Cependant leur nombre est restreint (n = 5) et seulement 2 de ces chevauchements peuvent être considérés avec confiance comme des observations multiples d'un même territoire. Ainsi, à l'exception de ces deux cas, on peut considérer que les territoires observés sont bien distincts les uns des autres et le nombre de carrés positifs peut être considéré comme autant de territoires de Pie-grièche. La détection de l'espèce sur une unité d'échantillonnage est considérée comme la présence d'un couple. Sur les 81 carrés où la Pie-grièche a été contactée, la présence de deux individus ou plus n'a été observée que dans 35% des cas. Cela pourrait impliquer que certains territoires ne sont occupés que par un seul individu qui ne participe pas à la reproduction. Cependant il semble plus plausible que la probabilité d'observer les deux individus d'un couple au cours des deux passages réalisés soit inférieure à 1. Par conséquent, il est possible que sur les carrés où un seul individu a été détecté il y ait bien la présence d'un couple et que le taux d'appariement soit plus élevé qu'observé. En effet, il a été montré qu'un troisième passage dédié au suivi de reproduction et effectué durant le mois de mai avait permis de détecter de nouveaux couples sur des carrés ou seul un individu avait été détecté lors des deux premiers passages (Piat 2013 a). Les estimations de taille de population issues de nos analyses sont donc plus à considérer comme un nombre de territoires occupés par l'espèce que comme un nombre de couples.

Sous-estimation

Les deux premières approches ne prennent pas en compte la détectabilité imparfaite de la Pie-grièche méridionale. En considérant une valeur raisonnable de probabilité de détection – située autour de 0,5 – à partir des études précédentes (Piat 2013 a et b) on peut considérer que les estimations à partir de ces approches sous-estiment jusqu'à 20% la taille de la population. L'unité d'échantillonnage choisie (20 ha) correspond à la fourchette haute du domaine vital donnée pour cette espèce alors que celui-ci est susceptible d'être bien plus faible avec un minimum donné à 10 ha (Issa & Lefranc 2011). Par conséquent, il est possible que deux territoires soient présents dans même carré. Or nos méthodes ne prennent pas un compte cette possibilité, puisqu'elles assimilent un carré où l'espèce a été contactée à un unique territoire. Au cours de l'échantillonnage, 3 individus ont été observés 5 fois dans un même carré et 5 individus ont été observés une fois dans un même carré. Ces observations pourraient correspondre à la présence de deux territoires ou plus sur un même carré et conduire à une sous-estimation modérée des effectifs. Cependant, sur la base d'observations personnelles, il est aussi possible que ces observations correspondent à des comportements territoriaux et que le territoire de certains des individus ai été localisé en dehors du carré où ils ont été contactés.

Fiabilité des estimations

Il n'existe donc pas de biais majeur aux deux premières approches. Les quelques biais existants sont mesurables et ne tendent pas tous à sous-estimer ou surestimer la taille de population. Nous avons donc de bonnes raisons de penser que la taille de population réelle est située entre les intervalles de confiance de ces méthodes. L'approche « habitat + détection » semble quant à elle surestimer considérablement la taille de population du fait d'un biais ayant pour conséquence une sous-estimation de la probabilité de détection de l'espèce. Le coefficient de variation (CV) a un impact majeur sur la mise en évidence des tendances. Plus celui-ci est faible, plus l'approche sera apte à détecter de faibles changements d'effectifs (Durant *et al.* 2011). Les CV des estimations de taille de population à partir des approches « proportionnelle » et « habitat » sont proches de 8% tandis que pour l'approche « habitat + détection » il est de 10%. La précision autour de ces estimations est donc très satisfaisante, et ces approches semblent par conséquent adaptées pour prédire finement les tendances à venir. La différence considérable entre les tailles de population estimées à dire d'experts et celles obtenues à partir des différentes méthodes, toutes basées sur un protocole d'échantillonnage standardisé, souligne la nécessité d'utiliser un protocole adapté à l'écologie de la Pie-grièche méridionale pour le recensement et le suivi des populations de cette espèce.

Enfin, ces résultats viennent confirmer ceux de l'étude antérieure, qui avaient mis en évidence la présence de la plus grande population du département en terme d'effectifs au sein de la ZPS (Piat 2013 a & b). Les effectifs obtenus par cette étude, s'élevant à 108–136 couples à partir de l'approche « habitat + détectabilité » sont très proches de nos résultats, avec 98-136 couples estimés pour l'approche « proportionnelle et 100-135 couples pour l'approche « habitat ». En émettant l'hypothèse que la tendance de cette population est stable, les estimations réalisées à l'échelle des Bouches du Rhône seraient donc relativement précises.

2ème objectif : Influence des variables environnementales

Introduction

Les approches « habitat » et « habitat + détection » mises en œuvre pour l'étude de la distribution de la Pie-grièche méridionale au sein de la ZPS, sont deux méthodes basées sur le lien existant entre les variables environnementales (annexe 1) et la présence de l'espèce. Ces méthodes nous permettent donc également de déterminer les preferanda écologiques de l'espèce.

La Pie-grièche méridionale est une espèce qui évolue en milieux ouverts et certaines variables ont été choisies afin de traduire le degré d'ouverture du paysage. En région méditerranéenne, les incendies jouent un rôle majeur dans l'ouverture du milieu (Prodon 1984). De plus la quasi-totalité de la ZPS a déjà été brulée au moins une fois depuis 1960 et plusieurs auteurs ont déjà rapporté l'attrait de la Pie-grièche méridionale pour les zones récemment incendiées (Martin 1983, Herrando 2002, Piat 2013 a & b). L'influence des travaux entrepris pour l'entretien des pistes DFCI ainsi que celle du pâturage extensif utilisé comme mesure de gestion pour lutter contre la fermeture du milieu (Bourbouze 1982, Rouville *et al.* 2000, Dureau 2003) ont également été prises en compte. A l'inverse, l'influence de la couverture forestière comme témoin de fermeture du milieu, et mesurée par la distance à la forêt, a été intégrée dans les modèles.

La Pie-grièche méridionale est mentionnée à basse et moyenne altitude mais ne l'est pas dans les milieux escarpés. Nous avons donc étudié l'influence des variables topographiques sur sa présence. La quantité de radiations solaires, liée à la pente et à son orientation, est un facteur d'importance pour un grand nombre d'insectes tributaires de cette source d'énergie pour réguler leur température interne (Gunn 1942). Par conséquent, cette variable est également susceptible d'influencer de manière indirecte la présence de la Pie-grièche, espèce essentiellement insectivore (Lefranc 1993).

Enfin, la Pie-grièche méridionale est reconnue pour son caractère farouche et sa sensibilité au dérangement humain (Lefranc 1993, Issa & Lefranc 2011). La proximité d'activités anthropiques peut donc influer sur la présence de l'espèce.

Résultats

La surface d'habitat favorable brulée au moins une fois est de 65% sur la période 1981-1999 et de 33% sur la période 2000-2018. Des travaux d'ouverture du milieu ont été effectués sur 11% de la surface d'habitat favorable depuis les années 2000. La surface pâturée représente 21% de la surface d'habitat favorable de la ZPS.

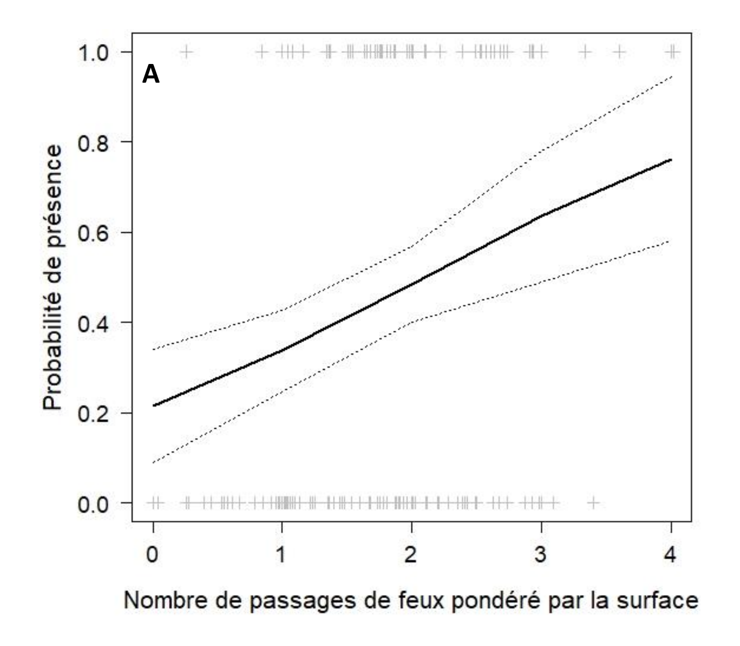
Les résultats des approches « habitat » et « habitat + détection » sont cohérents. Ces méthodes révèlent une influence positive des quatre variables suivantes sur la probabilité de présence de la Pie-grièche méridionale : le nombre de passages de feux pondéré par la surface, la distance à la forêt fermée la plus proche, la distance aux activités anthropiques et la surface pâturée (annexe 3.c et 3.d).

Un nombre important de passages de feux (pondéré par la surface ; annexe 2) favorise la présence de la Pie-grièche méridionale (fig. 3.a et 3.b). Il s'agit de la variable avec l'effet le plus fort. On remarque aussi que plus la distance à la forêt fermée la plus proche augmente, plus la probabilité de présence de la Pie-grièche méridionale est importante (fig. 3.c et 3.d). L'influence de ces deux variables indique clairement une relation positive entre le degré d'ouverture du milieu et la probabilité de présence de la Pie-grièche méridionale. Concernant la

distance aux activités anthropiques, plus celle-ci augmente et plus la probabilité de présence de la Pie-grièche méridionale est importante (fig. 3.e et 3.f), confirmant bien la sensibilité de l'espèce au dérangement humain. Enfin, on observe une relation négative entre la surface pâturée et la probabilité de présence de la Pie-grièche méridionale (fig. 3.g et 3.h).

Bien que la tendance de chacune des courbes soit identique entre les deux méthodes, on observe une nette différence en termes de probabilité de présence. En effet, la détectabilité calculée à partir de l'approche « habitat + détection » est nettement inférieure à 1. Elle est de 0,38 sur un passage et de 0,62 en cumulé sur deux passages. Cela implique une estimation nettement supérieure de la probabilité de présence par rapport à l'approche « habitat », avec une valeur de 0,43 contre 0,70 pour la méthode qui tient compte de la détectabilité imparfaite. Ainsi, grâce à l'approche « habitat + détection », on observe que pour des valeurs élevées des trois variables environnementales étudiée, la probabilité de présence de l'espèce atteint une valeur seuil de 1(fig. 3.b, d et f). De plus l'incertitude autour des estimations à partir de cette approche est très étendue.

Figure 3 : Représentation de l'effet (en gras) du nombre de passages de feux pondéré par la surface à partir des GLM (a) et des modèles hiérarchiques (b) , de la distance à la foret fermée la plus proche à partir des GLM (c) et des modèles hiérarchiques (d), de la distance aux activités anthropiques à partir des GLM (e) et des modèles hiérarchiques (f), de la surface pâturée à partir des GLM (g) et des modèles hiérarchiques (h) sur la probabilité de présence de la Pie-grièche méridionale. L'erreur standard associée est représentée en pointillé, les croix correspondent aux données brutes.



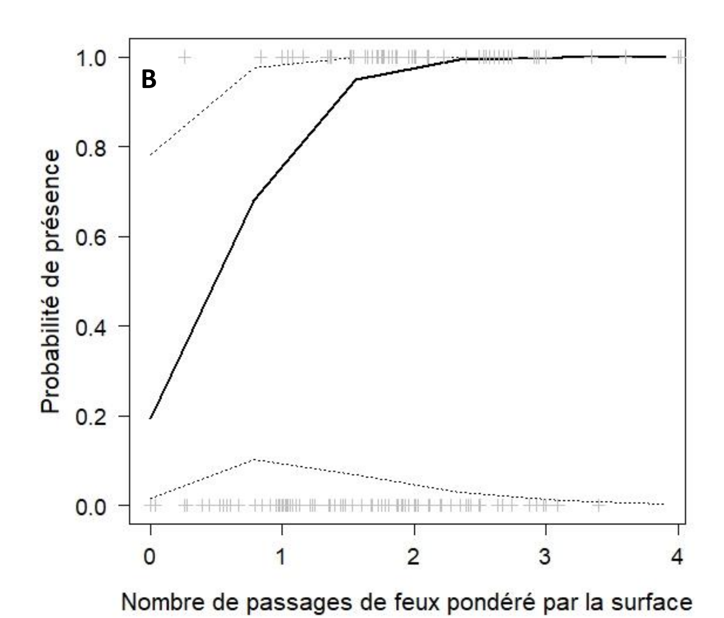
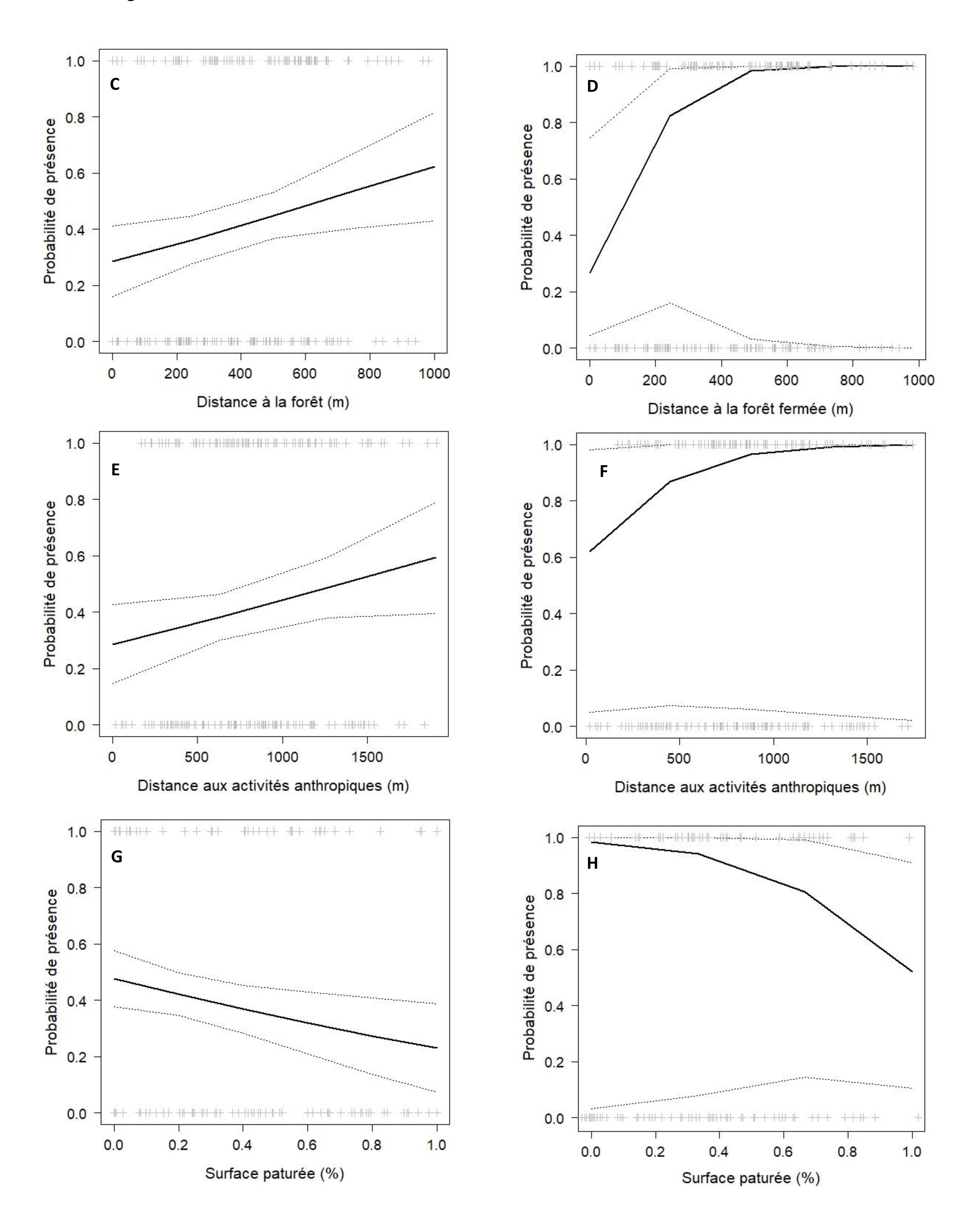


Figure 3 : suite



Discussion

Les résultats obtenus à partir de l'approche « habitat + détection » (annexe 4) laissent à penser qu'il existe un biais dans la distribution de nos données, conduisant à une sous-estimation de la probabilité de détection de l'espèce et à une surestimation de la probabilité de présence. Par conséquent l'étude de l'influence des variables environnementales sur la probabilité de présence de la Pie-grièche méridionale à partir de l'approche « habitat + détection » mène à des aberrations. En effet pour des valeurs élevées de trois des variables environnementales étudiées, la probabilité de présence de l'espèce atteint une valeur seuil de 1 (fig. 3.b, d et f). Le biais dans la distribution des observations conduit également à une incertitude très importante des estimations à partir de cette approche (fig. 3.b, d, f et h) et en rend difficilement interprétables les résultats. Ainsi, malgré le fait que les résultats des deux approches soient en accord, seuls les résultats de l'approche « habitat » ont été pris en considération par la suite.

Cette étude a mis en évidence l'influence positive du nombre de passage de feux pondérés par la surface sur la probabilité de présence de la Pie-grièche méridionale (fig 3.a). Le feu est une perturbation qui modifie la structure de l'habitat et tend ainsi à favoriser certaines espèces d'oiseaux fréquentant les milieux ouverts (Prodon 2009). Ces résultats illustrent ce processus en révélant une influence à la fois de la surface brûlée mais aussi du passage répété des feux sur ces mêmes surfaces, contribuant ainsi à l'ouverture le milieu et donc à la création d'habitats favorables pour la Pie-grièche méridionale. Il a été montré par ailleurs que cette espèce appréciait les incendies découvrant 45 % du sol (Martin 1983) et qu'elle utilisait les troncs calcinés comme poste d'affût pour les activités de chasse (Zozaya 2011). Cependant, l'influence du temps écoulé depuis le dernier feu sur la présence de la Pie-grièche méridionale ne ressort pas. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la zone d'étude, relativement restreinte, est trop homogène en termes de temps écoulé depuis le dernier feu pour montrer ce type de relation. En effet, il semble exister une période post-incendie optimale pour la Pie-grièche méridionale, comprise entre 6 (Herrando 2002) et 24 ans (Piat 2013 a et b). On notera qu'à l'exception d'un carré, toute la zone étudiée dans le cadre de cette étude a déjà été brulée au moins une fois depuis les 59 dernières années. Mais 75% de la zone n'a pas été brulée depuis 20 ans ou plus et près de 90% depuis 15 ans ou plus. En absence de feux récents, il semblerait que ce soit le nombre répété de feux et la surface brulée qui traduisent le mieux l'ouverture du milieu et influencent la probabilité de présence de cette pie-grièche.

A l'inverse, et en toute logique, la distance à la forêt la plus proche indique une influence positive sur la probabilité de présence de la Pie-grièche méridionale (fig 3.c). Cette relation attendue entre cette espèce des milieux ouverts et une dynamique de fermeture du milieu, n'avait pu être mise en évidence jusque-là à l'échelle départementale (Piat 2013 a et b). Cela pourrait s'expliquer par le fait que les processus qui influencent la présence de la Pie-grièche méridionale varient, au moins en intensité, en fonction de l'échelle considérée.

Le pâturage extensif contribue à l'ouverture du milieu (Bourbouze 1982, Rouville *et al.* 2000, Dureau 2003). Les résultats obtenus (fig 3.g) sont donc contraires à l'hypothèse initiale qui supposait que le pâturage participait au maintien de milieux favorables à la Pie-grièche méridionale. Cependant les données mises à disposition concernant cette activité sont restées largement incomplètes, ne comprenant pas le type de bétail, la charge et la période de pâturage. L'effet négatif de la surface pâturée reste donc peu interprétable à ce stade en raison du manque d'informations

complémentaires disponibles. Ils soulèvent néanmoins des questions et invitent à poursuivre les recherches concernant l'impact des activités pastorales sur cette espèce. En effet, bien qu'il y existe des études à propos de l'influence du pastoralisme sur l'avifaune en général (Luoto *et al.* 2003, Fuhlendorf *et al.* 2006, Pillsbury 2011), il n'existe à notre connaissance aucune étude à ce sujet portant spécifiquement sur la Pie-grièche méridionale.

Les travaux d'ouverture liés à l'entretien des pistes DFCI ne semblent pas influencer la présence de la Pie-grièche méridionale (annexe 3.a). Cependant il est difficile de conclure à une absence totale d'effet lié à ce type de gestion. Tout d'abord les surfaces traitées restent relativement faibles, inférieures à 10% des carrés en moyenne, limitant la mise en évidence d'un quelconque effet à l'échelle de l'étude réalisée. Néanmoins, si l'ouverture du milieu peut contribuer à la création d'habitats favorables à la présence de la Pie-grièche méridionale, particulièrement par la création de zones de chasse, il resterait à confirmer que ces travaux soient réalisés bien avant le début de la période de reproduction. En effet la période de chant et de cantonnement peut commencer dès la fin février – début mars chez cette pie-grièche (Hameau & Gilot 2015).

La Pie-grièche méridionale, considérée comme l'espèce la plus farouche du genre Lanius en France, (Lefranc, 1993, Nissa & Lefranc 2011), réagit négativement à la proximité des activités anthropiques relatives à l'urbanisation (tissus urbain continu, discontinu, bâti isolé, zones commerciales), aux exploitations (extraction de matériaux, décharges, zones industrielles) et aux usages (équipements sportifs et de loisirs) (fig 3.e). Ces résultats concordent avec ceux des études précédentes (Piat 2013 a et b) et montre ici toute l'importance du réseau Natura 2000 dans le maintien de grandes surfaces de garrigue. Ils appellent en outre à la vigilance lors des demandes d'organisation de manifestations à caractère sportif, faites au printemps, et pouvant mobiliser plusieurs centaines de personnes à proximité des sites de nidification.

Contrairement à l'étude précédente (Piat 2013 a et b) qui considérait l'ensemble des principaux massifs des Bouches-du-Rhône, l'influence de la topographie (altitude et pente) sur la probabilité de présence de la Pie-grièche méridionale (annexe 3a.) ne ressort pas. Toutefois le gradient d'altitude est peu marqué sur la zone d'étude (entre 56m et 375m) à l'inverse d'autres massifs comme la Montagne Sainte-Victoire, le Massif de l'Etoile ou encore la Sainte-Baume. La ZPS des garrigues de Lançon et chaînes alentour présente des zones localement escarpées (en particulier au Sud entre Saint-Chamas et Coudoux et au Nord de Lambesc) où nous avons néanmoins pu constater la présence de l'espèce, parfois en forte densité. Les Pies-grièches observées étaient habituellement postées en ligne de crête séparant deux vallons, probablement à des fins de surveillance de leur territoire ou de visibilité offerte pour la chasse. Dans tous les cas, elles semblent s'accommoder des secteurs de pente.


Pie-grièche méridionale © F. GRIMAL

Perspectives

Les résultats obtenus soulignent en premier lieu l'intérêt majeur de la ZPS des garrigues de Lançon et chaînes alentour pour la conservation de la Pie-grièche méridionale. Avec une estimation comprise entre 98 et 136 territoires, cette population s'avère la plus importante connue sur un espace naturel protégé, tant au niveau régional que national. Pour comparaison la dernière estimation des effectifs de Pie-grièche méridionale dans la ZPS de Crau, jusqu'alors considérée comme bastion de l'espèce en PACA, s'élevait à 65 - 100 couples (Issa & Lefranc, 2011). La situation géographique relativement centrale de cette population en Basse-Provence pourrait également jouer un rôle fonctionnel important en termes d'échanges avec d'autres populations voisines (Alpilles, Plateau de Vitrolles, Plateau de l'Arbois, Montagne Sainte-victoire...). La conservation de cette population revêt donc un enjeu majeur pour l'espèce en Provence. Ces résultats soulignent également la nécessité d'améliorer les connaissances concernant les échanges entre les populations de Pie-grièche méridionale afin de contribuer à leur conservation.

L'analyse des variables environnementales ayant une influence sur la présence de la Pie-grièche méridionale montrent également que l'effet seul des incendies - par leur nombre et les surfaces concernées - semble à même de favoriser le maintien de cette espèce à moyen et long terme. A ce stade en effet, le pastoralisme et les travaux DFCI ne présentent pas un effet positif favorisant la présence de l'espèce. Ils ne suffisent pas non plus à contrecarrer de façon suffisante une dynamique naturelle de fermeture des milieux globalement défavorable à la Pie-grièche méridionale. L'ensemble de ces résultats témoignent donc de l'importance des mesures de gestions globalement liées à la création et au maintien de milieux ouverts au sein de la ZPS. Rappelons aussi que ces mesures favorisent d'une manière générale tout un cortège d'espèces liées aux garrigues ouvertes et dont certaines figurent à l'annexe 1 de la Directive Oiseaux (Fauvette pitchou, Bruant ortolan, Alouette lulu, Pipit rousseline). La prise en compte de données complémentaires concernant l'activité pastorale (charge des troupeaux, dates de passage, plages de prélèvement mesurées) permettrait néanmoins de préciser un impact éventuel sur cette pie-grièche en vue de concilier plus efficacement les enjeux pastoraux et la gestion conservatoire de cette espèce.

De plus, un effet négatif des activités anthropiques sur la probabilité de présence de l'espèce ressort nettement. Ce facteur, mesuré principalement par la distance au bâti mais aussi à toutes autres formes de surfaces artificialisées situées pour la plupart en marge des massifs, montre ici toute l'importance du maintien de grandes surfaces de garrigue préservées des projets d'aménagement au sein de la ZPS.

Enfin, la comparaison entre nos résultats et les estimations réalisées à partir d'un échantillonnage à l'échelle des Bouches-du-Rhône (Piat 2013 a & b) laissent à penser, si la tendance de la population de la ZPS est stable, que l'analyse des données à plus grande échelle est relativement précise et qu'elle permettrait d'étudier la tendance des populations de Pies-grièches méridionales dans le département.

Références bibliographiques

BirdLife International (2004) Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status. Cambridge, UK : BirdLife International. (BirdLife Conservation Series No. 12).

BirdLife International (2017) *Lanius meridionalis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017.

Bonnet, V. & Tatoni, T. (2003) Analyse spatiale et fonctionnelle de la réponse de la végétation après incendie en basse Provence calcaire. Forêt méditerranéenne, 24(4), 385–402.

Bourbouze, A. (1982) Utilisation de la végétation de type méditerranéen par des caprins. Fourrages, 92.

Campos, F. & Martín, R. (2010) Spatial and temporal distribution of Southern Grey Shrikes *Lanius meridionalis* in agricultural areas. Bird Study, 57(1), 84-88.

Couturier, T., Cheylan, M., Bertolero, A., Astruc, G., & Besnard, A. (2013) Estimating abundance and population trends when detection is low and highly variable: A comparison of three methods for the Hermann's tortoise. The Journal of Wildlife Management, 77, 454–462.

De Rouville, S., Gaubert, J. L., & Bocquier, F. (2000) Evolution à long terme d'une garrigue méditerranéenne selon la saison de pâturage par des chèvres. Rencontres autour des recherches sur les ruminants, 7.

Durant, S.M., Craft, M.E., Hilborn, R., Bashir, S., Hando, J. & Thomas, L. (2011) Long-term trends in carnivore abundance using distance sampling in Serengeti National Park, Tanzania: Serengeti carnivore trends. Journal of Applied Ecology, 48, 1490–1500.

Dureau, R. (2003) Gestion des garrigues à chêne kermès sur coupures de combustible. Réseau Coupures de combustible, Éd. de la Cardère Morières, Morières, 83 p.

Fiske, I. & Chandler, R.B. (2011) unmarked: An R package for fitting hierarchical models of wildlife occurrence and abundance. Journal of Statistical Software, 43(10), 1-23.

Fuhlendorf, S.D., Harrell, W.C., Engle, D.M., Hamilton, R.G., Davis, C.A. & Leslie, D.M. (2006) Should heterogeneity be the basis for conservation? Grassland bird response to fire and grazing. Ecological applications, 16(5), 1706-1716.

Gunn, D.L. (1942) Body temperature in poikilothermal animals. Biological Reviews, 17(4), 293-314.

Hameau, O. (2012) Expérimentation d'un protocole de suivi de la Pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis* dans les massifs de Basse-Provence (Bilan 2012). Faune-PACA publication, 20, 13 p.

Hameau, O. & Gilot, F. (2015) La Pie-grièche méridionale. *In* Issa, N. & Muller, Y. coord. (2015). Atlas des oiseaux de France métropolitaine. Nidification et présence hivernale. Éd. Delachaux et Niestlé, Paris.

Hernández, A. & Infante, O. (2003) Alcaudón real *Lanius meridionalis*. Atlas de las Aves Reproductoras de España. DGCONA-SEO, Madrid.

Herrando, S., Brotons, L., Delamo, R., & Llacuna, S. (2002) Bird community succession after fire in a dry Mediterranean shrubland. Ardea, 90(2), 303-310.

Hetier, J.P. (1993) Forêt méditerranéenne : vivre avec le feu ? Eléments pour une gestion patrimoniale des écosystèmes forestiers littoraux. Institut des Aménagements Régionaux et de l'Environnement.

Hódar, J.A. (2006) Diet composition and prey choice of the southern grey shrike *Lanius meridionalis* L. in south-eastern Spain: the importance of vertebrates in the diet. Ardeola, 53(2), 237-249.

Issa, N. & Lefranc, N. (2011) Les pies-grièches en France. L'oiseau mag, 104, 56–65.

Lefranc, N. & Issa, N. (2013) Plan national d'actions : Pies-grièches Lanius sp. 2014-2018. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de de l'Énergie. La Défense, France, 144p.

Lefranc, N. (1993) Les pies grièches d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen–Orient. Éd. Delachaux et Niestlé, Lausanne, 256 p.

Lefranc, N. (1999) Les pies-grièches Lanius sp. en France : répartition et statut actuels, histoire récente, habitats. Ornithos, 6(2), 58–82.

Lepley, M. (1998) Alimentation et reproduction de la pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis* meridionalis (Temminck, 1820) en Crau sèche (Bouches–du–Rhône) 1994-1995. Faune de Provence, 16, 87–88.

Lepley, M., Thevenot, M., Guillaume, C.P., Ponel, P. & Bayle, P. (2004) Diet of the nominate Southern Grey Shrike *Lanius meridionalis meridionalis* in the north of its range (Mediterranean France). Bird Study, 51(2), 156-162.

Luoto, M., Pykälä, J. & Kuussaari, M. (2003) Decline of landscape-scale habitat and species diversity after the end of cattle grazing. Journal for Nature Conservation, 11(3), 171-178.

Martin, J.L. (1983) Analyse écologique de l'avifaune nicheuse du massif du Rove (Bouches–du–Rhône). Alauda, 51, 210–226.

Millon, A. & Bretagnolle, V. (2004) Les populations nicheuses de rapaces en France : analyse des résultats de l'enquête Rapace (2000). In Thiollay, J.M. and Bretagnolle, V. (2004). Rapaces nicheurs de France. Éd. Delachaux & Niestlé, Paris.

Noon, B.R., Bailey, L.L., Sisk, T.D., & Mckelvey, K.S. (2012) Efficient Species–Level Monitoring at the Landscape Scale: Species–Level Monitoring. Conservation Biology, 26, 432–441.

Paulus G. (2009) Pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis*. In Flitti, A., Kabouche, B., Kayser, Y. & Olioso, G. (2009) Atlas des oiseaux nicheurs de Provence–Alpes–Côte d'Azur. Éd. Delachaux et Niestlé, Paris.

Piat, A. (2013) La Pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis* dans les garrigues de Basse-Provence : taille de population, influences de variables environnementales et optimisation du protocole d'échantillonnage. Faune-PACA publication, 36, 19 p.

Piat, A. (2013) La Pie-grièche méridionale, *Lanius meridionalis*, dans les zones de garrigue des Bouches-du-Rhône : Estimation de la taille de population, Evaluation des variables environnementales influant sur sa présence, Réflexion sur l'optimisation des protocoles d'échantillonnage. Rapport de stage de Master 2, Aix - Marseille Université.

Pillsbury, F.C., Miller, J.R., Debinski, D.M. & Engle, D. M. (2011) Another tool in the toolbox? Using fire and grazing to promote bird diversity in highly fragmented landscapes. Ecosphere, 2(3), 1-14.

Prodon, R., Fons, R., Peter, AM. (1984) L'impact du feu sur la végétation, les oiseaux, et les micromammifères dans diverses formations méditerranéennes des Pyrénées-Orientales: premiers résultats. Revue d'Ecologie (La Terre et la Vie), 39 p.

Royle, J.A., & Dorazio, R.M. (2008) Hierarchical Modeling and Inference in Ecology: The Analysis of Data from Populations, Metapopulations and Communities. Éd. Elsevier Science and Technology, London.

Thiollay, J.M. & Bretagnolle, V. (2004) Rapaces nicheurs de France. Delachaux & Niestlé, Paris.

Thompson, W.L., White, G.C., & Gowan, C. (1998) Monitoring vertebrate populations. Éd. Academic Press, San Diego.

UICN France, MNHN, LPO, SEOF & ONCFS. (2016) La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Oiseaux de France métropolitaine. Paris, France.

Yosef, R. (1994) Conservation commentary: evaluation of the global decline in the True Shrikes (Family Laniidae). The Auk, 111(1), 228-233.

Zozaya, E.L., Brotons, L., & Saura, S. (2011) Recent fire history and connectivity patterns determine bird species distribution dynamics in landscapes dominated by land abandonment. Landscape Ecology, 27, 171–184.

Annexes

Annexe 1 : Méthodologie de l'analyse des données

Approche « proportionnelle »

La première méthode utilise une variable réponse de type présence/absence correspondant à la détection d'au moins une Pie-grièche lors d'un des deux passages ou plus. Cela nous a permis de calculer la probabilité de présence de l'espèce qui correspond au nombre de carrés où l'espèce a été contactée par rapport au nombre total de carrés prospectés. Cette probabilité de présence a ensuite été extrapolée, de manière proportionnelle, à l'ensemble des carrés non échantillonnés estimés favorables. Cette méthode fait ainsi l'hypothèse que les carrés échantillonnés et non-échantillonnés sont homogènes en termes de probabilité de présence de l'espèce.

Approche « habitat » (GLM)

La seconde méthode prend en compte l'influence des variables environnementales sur la probabilité de présence de l'espèce. Le modèle linéaire généralisé (GLM), est une généralisation de la régression linéaire qui autorise à travailler à partir de jeux de données dont la distribution ne suit pas une loi normale. Dans notre cas la variable réponse est de type présence/absence et nécessite donc l'utilisation d'une distribution d'erreur de type binomiale. Cette méthode considère que la probabilité de détecter l'espèce est égale à 1. La probabilité de présence ψ qui varie entre [0 ; 1], est modélisée sur l'échelle logit qui rend possible la régression linéaire en créant une fonction définie sur]- ∞ ; + ∞[. Cette transformation est opérée comme suit :

$$logit(\psi) = \frac{ln(\psi)}{ln(1-\psi)} = \alpha$$

La transformation inverse, sur l'échelle « naturelle », est effectuée selon la formule:

$$logit(\alpha)^{-1} = \frac{1}{1+e(-\alpha)} = \psi$$

Où ψ est la probabilité sur l'échelle « naturelle » et α la probabilité sur l'échelle logit.

Les variables environnementales (tableau 1) des carrés prospectés ont été extraites sous SIG à partir des points d'absence et de présence. Les points d'absence correspondent à la surface des carrés échantillonnés où aucune Pie-grièche méridionale n'a été contactée au cours des 2 passages. Les points de présence correspondent au barycentre de toutes les d'observations réalisées dans un même carré à l'issue des 2 passages. A partir de ces points de présence, une zone tampon de rayon 250m a été générée afin de créer une placette dont la surface d'environ 20 hectares corresponde approximativement à celle d'un territoire de Pie-grièche méridionale. Par conséquent, pour les points de présence, les variables environnementales sont extraites à partir de la surface que la Pie grièche est susceptible d'utiliser. Chaque variable a été centrée-réduite pour permettre la comparaison des tailles d'effets sur la probabilité de présence.

Nous avons créé plusieurs modèles puis les avons comparés les uns aux autres à partir d'un indice, le Critère d'Information d'Akaike corrigé pour la taille de l'échantillon (AICc), permettant d'évaluer la qualité du modèle. Le modèle retenu correspond à celui ayant le meilleur score (principe de vraisemblance). En cas d'égalité, c'est-à-dire d'une différence entre les scores de deux modèles inférieure à 2 points, le modèle retenu est celui avec le minimum de variables (principe de parcimonie).

Tableau 1 : Variables utilisées pour la modélisation (GLM et modèles hiérarchiques).

Effet	Nom	Signification – Unité – (Type)	Source
Variables site – spécifique (= variables environnementales)			
Ouverture du milieu	Tps_feu	Temps écoulé depuis le dernier feu majoritairement représenté à l'échelle de la placette (en année). (continue)	Contours des feux depuis 1960 – DDTM 13
	Nb_feu	Nombre de passage de feux moyen pondéré par la surface que chaque feu occupe dans la placette. (continue)	Nombre de feux depuis 1960 – DDTM 13
	Dist_foret	Distance (en m) à partir du point (de présence ou d'absence) au peuplement de forêt fermée le plus proche. (continue)	BD Forêt v.2 – ONF
	Surf_travaux	Surface des travaux d'ouverture du milieu dans la placette par rapport à sa surface totale (en %). (continue)	Travaux APFM – FORSAP et Brulages dirigés
	Surf_pature	Surface des unités pastorales en activité dans la placette par rapport à sa surface totale (en %). (continue)	Plan pastoral 2015-2020 de la ZPS – CERPAM
Topographie	Altitude	Altitude moyenne (en m) à l'échelle de la placette. (continue)	Modèle Numérique de Terrain, résolution 25 m
	Pente	Pente moyenne (en %) à l'échelle de la placette. (continue)	MNT – 25 m
Ressources alimentaires	Rad_sol	Quantité moyenne de radiations solaires reçue (en watt.h-1.m-2) à l'échelle de la placette (continue)	MNT – 25 m
Activités anthropiques	Dist_act_anth	Distance (en m) à partir du point (de présence ou d'absence) à l'activité anthropique la plus proche. (continue)	Occupation des sols – OCSOL 2014
Variables passage - spécifique			
Météo	Vent	3 niveaux selon l'intensité (catégorielle)	Relevées sur le terrain
	Pluie		
	Nuage		
Date	Date	En jour julien à compter du 1er janvier. (continue)	
Heure observation	Horaire	En minutes écoulées après le lever du soleil. (continue)	

Pour l'extrapolation, la probabilité de présence sur l'échelle logit pour chaque carré favorable a été calculée à partir des valeurs d'intercept (*β0*) et de pentes (*β1… βn*) données par le meilleur modèle d'après l'équation :

$$\alpha = \beta_0 + \beta_1 . var_1 + \cdots + \beta_n . var_n$$

Où $var_1 \ldots var_n$ sont les valeurs de chaque variable environnementale d'un carré donné, puis retransformée sur l'échelle « naturelle » comme suit:

$$\psi = \frac{1}{1 + exp(-(\beta_0 + (\beta_1 . var_1) + \cdots + (\beta_n . var_n))}$$

La taille de population a été obtenue en sommant la probabilité de présence de chaque carré. Comme expliqué dans l'introduction de la partie 1 (N° page), pour l'extrapolation des résultats obtenus aux zones non échantillonnées seuls les carrés jugés favorables à l'espèce, c'est-à-dire comportant au moins 50% de garrigue basse, ont été retenus. Une vérification a été réalisée dans un premier temps par photo-interprétation sous Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) (QGIS version 2.14.8). Quand cela était possible une vérification sur le terrain a aussi été effectuée lors de la phase de repérage.

Approche « habitat + détection » (modèles hiérarchiques)

La troisième méthode est basée sur une démarche proche de la seconde, mais considère que la probabilité de détection n'est pas égale à 1. Les modèles hiérarchiques permettent de modéliser à la fois les effets de variables sur la probabilité de détection et sur la probabilité de présence. Deux catégories de variables peuvent ainsi être distinguées ; les variables passage-spécifique (date, météo, etc.), qui influent sur la détection uniquement, et les variables site-spécifique (ou variables environnementales : distance à la forêt, pente, etc), qui peuvent à la fois influer sur la détection et sur la présence. Le modèle hiérarchique correspond ainsi à deux GLM imbriquées, un pour la probabilité de détection et l'autre pour la probabilité de présence (Royle & Dorazio 2008). Les probabilités sont modélisées, après transformation logit, à l'aide la fonction occu tirée du package unmarked (Fisk & Chandler 2010).

La détermination du meilleur modèle hiérarchique a été réalisée de façon similaire à la méthode des GLM mais en deux étapes. Une première sélection a permis de déterminer le meilleur modèle pour décrire la détectabilité de l'espèce. Une seconde sélection a ensuite été réalisée en conservant la meilleure paramétrisation pour la détectabilité, afin de déterminer le meilleur modèle pour décrire la probabilité de présence de l'espèce. L'estimation de taille de population a été obtenue par la même méthode que pour les GLM.

Représentation graphique des données

Afin de représenter graphiquement l'influence de chacune des variables environnementales retenues sur la présence de la Pie-grièche méridionale nous avons extrait les prédictions de notre modèle, en termes de probabilité de présence de l'espèce, pour la gamme de valeurs que peut prendre la variable d'intérêt, tout en tenant compte des autres variables incluses dans le modèle. Nous avons donc utilisé l'équation de notre meilleur modèle, en fixant la valeur de chacune des autres variables à la valeur moyenne. Toutes les analyses statistiques ont été menées sur R version 3.4.3 (R Development Core Team, 2011).

Annexe 2 : Méthode de calcul du nombre de passages de feux moyen pondéré par la surface

Pour tester l'influence du nombre de passages de feux sur la présence de la Pie-grièche méridionale, la construction d'un indice a permis de refléter au mieux l'ouverture du milieu par un nombre répété de passages de feux au sein des carrés de 25 hectares. Cet indice est calculé en 2 étapes :

Etape 1 : Représentation des zones incendiées par l'ensemble des feux sur chacun des carrés

Exemple (figure 4) : 3 feux au total (périmètres 1 à 3) ont touché le carré ci-dessous, générant 7 secteurs (nommés « a » à « g ») inégalement touchés (en surface et en nombre de feux) par les incendies. Ici un seul secteur, « c », n'a été touché par aucun incendie.

Etape 2 : Calcul de l'indice

L'indice I est obtenu simplement par la somme des produits « surface du secteur » x « nombre de feux dans le secteur » soit dans l'exemple ci-dessus :

I = (Sa x Na) + (Sb x Nb) + (Sc x Nc) + (Sd x Nd) + (Se x Ne) + (Sf x Nf) + (Sg x Ng))

Avec S = surface (en % de la surface totale du carré), N = nombre de passage de feux et en indice le nom de la zone.

Le calcul d'un tel indice permet de pondérer l'effet réel des incendies sur chaque carré en évitant qu'un carré entièrement touché par un feu unique ne « pèse » moins qu'un carré touché par deux feux couvrant uniquement une petite partie de sa surface totale.

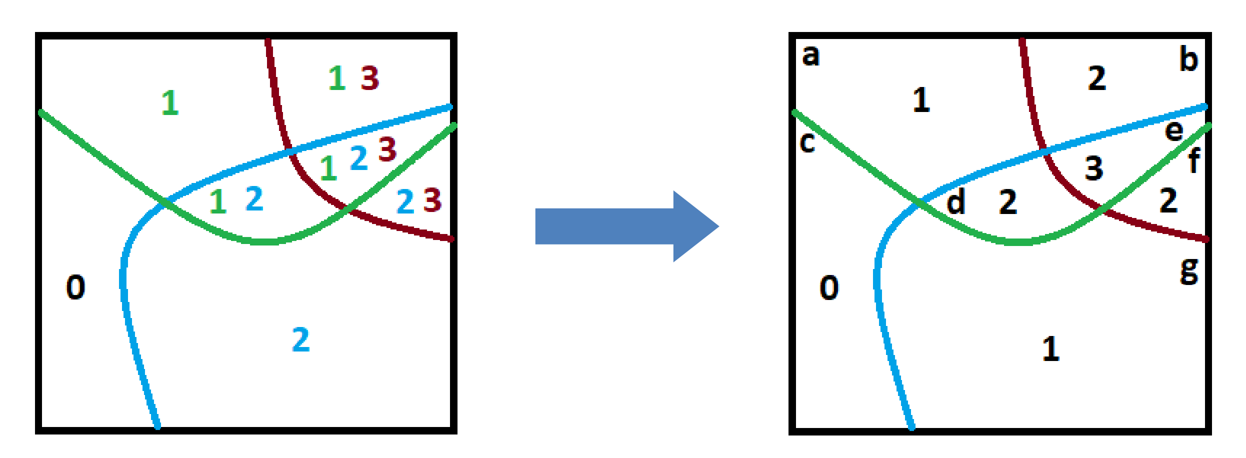


Figure 4 : Représentation schématique du calcul du nombre de passages de feux moyen pondéré par la surface pour un cas théorique avec présence de 3 feux différents dans un carré

Annexe 3 : Résultats des modèles (GLM et modèles hiérarchiques)

Annexe 3.a : Sélection du meilleur modèle pour les GLM

Modèles	K	AICc	ΔAICc
Nb_feu + Dist_foret + Dist_act_anth + Surf_pature	5	243.10	0.00
Nb_feu + Dist_foret + Dist_act_anth + Surf_pature + Surf_travaux	6	244.98	1.89
Nb_feu + Dist_foret + Dist_act_anth	4	245.36	2.27
Nb_feu + Dist_foret + Surf_pature	4	245.64	2.54
Nb_feu + Dist_foret + Dist_act_anth + Surf_travaux	5	246.02	2.93
Modèle nul	1	257.91	14.81

Détection	Présence	K	AICc	ΔAICc
Nuage + Date + Pente	Nb_feu + D_foret + D_act_anth + Surf_pature	9	403.7	0
	Nb_feu + D_foret + D_act_anth	8	406.19	2.49
	Nb_feu + D_foret + D_act_anth + Altitude	9	407.1	3.40
	Nb_feu + D_foret + D_act_anth + Tps_feux	9	407.32	3.62
Nuage + Date + Horaire + Pente	~1	6	424.58	20.88
Nuage + Date + Pente		5	425.24	21.54
Nuage + Date + Horaire		5	426.63	22.93
Nuage + Date + Pente + Pluie		6	426.68	22.98
~1	~1	2	434.08	30.38

Annexe 3.b : Sélection du meilleur modèle pour les modèles hiérarchiques

Annexe 3.c : Résultats du meilleur modèle pour les GLM

	Coefficient	Erreur standard	P-value
Intercept	-0.314	0.159	0.048
Nb_feu	0.416	0.167	0.013
D_forets	0.388	0.163	0.017
D_act_anth	0.345	0.163	0.034
Surf_pature	-0.351	0.172	0.041

Annexe 3.d : Résultats du meilleur modèle pour les modèles hiérarchiques

Probabilité de présence (échelle logit):	Coefficient	Erreur standard	P-value
Intercept	3.08	2.94	0.294
Nb_feu	2.19	1.66	0.188
D_act_anth	1.40	1.09	0.2
D_forets	2.48	2.22	0.262
Surface_pature	-1.34	1.24	0.279

Probabilité de détection (échelle logit):	Coefficient	Erreur standard	P-value
Intercept	2.26	0.97	0.019
Nuage	-0.30	0.19	0.079
Date	-0.03	0.01	0.006
Pente	0.21	0.13	0.126

Annexe 4 : Proportion des observations réelles et théoriques pour différentes valeurs de probabilité de détection

		Probabilité de détection		
	Observé	**0.38**	**0.50**	**0.70**
1er passage	0.49	0.38	0.33	0.23
2nd passage	0.27	0.38	0.33	0.23
1er + 2nd passage	0.23	0.23	0.33	0.54

La faune de la région PACA

Le territoire de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur est le plus riche et le plus diversifié en nombre d'espèces en France métropolitaine. La région PACA abrite 245 espèces d'oiseaux nicheurs sur 275 espèces recensées en France, 70 % des 143 espèces de mammifères, 80 % des 34 Reptiles, 61 % des 31 Amphibiens, 85 % des 240 papillons de jour et 74 % des 100 libellules.

Le projet www.faune-paca.org

En 2018, le site http://www.faune-paca.org a dépassé le seuil des **6 millions de données** portant sur les oiseaux, les mammifères, les reptiles, les amphibiens, les libellules et les papillons diurnes. Ces données zoologiques ont été saisies et cartographiées en temps réel. Le site http://www.faune-paca.org s'inscrit dans une démarche collaborative et mutualiste de mise à disposition d'un atlas en ligne actualisé en permanence. Faune-paca.org est un projet développé par la LPO PACA et consolidé au niveau national par le réseau LPO sur le site www.ornitho.fr. Ce projet est original et se caractérise par son rôle fédérateur, son efficacité, sa fiabilité, son ouverture aux professionnels de l'environnement et aux bénévoles. Chacun est libre de renseigner les données qu'il souhaite, de les rendre publiques ou non, et d'en disposer pour son propre usage comme bon lui semble. Il est modulable en fonction des besoins des partenaires. Il est perpétuellement mis à jour et les données agrégées sont disponibles sous forme de cartographies et de listes à l'échelle communales pour les acteurs du territoire de la région PACA.

Faune-PACA Publication

Cette nouvelle publication en ligne Faune-PACA publication a pour ambition d'ouvrir un espace de publication pour des synthèses à partir des données zoologiques compilées sur le site internet éponyme www.faune-paca.org. Les données recueillies sont ainsi synthétisables régulièrement sous forme d'ouvrages écrits de référence (atlas, livres rouges, fiches espèces, fiches milieux, etc.), mais aussi, plus régulièrement encore, sous la forme de publications distribuées électroniquement. Faune-PACA Publication est destiné à publier des comptes-rendus naturalistes, des rapports d'études, des rapports de stage pour rythmer les activités naturalistes de la région PACA. Vous pouvez soumettre vos projets de publication à Amine Flitti rédacteur en chef de la publication et administrateur des données sur faune-paca.org amine.flitti@lpo.fr.

Faune-PACA Publication n°78

Article édité par la
LPO PACA
Villa Saint - Jules
6, avenue Jean Jaurès
83 400 HYERES
Tél: 04 94 12 79 52
Fax: 04 94 35 43 28
Courriel: paca@lpo.fr
Web: http://paca.lpo.fr





Directeur de la publication : Benjamin KABOUCHE
Rédacteur en chef : Amine FLITTI
Comité de lecture du n° 78 : Amine FLITTI
Administrateur des données www.faune-paca.org : Amine FLITTI.
Photographies couverture : Thomas GIRARD (haut), Bastien JORIGNE (bas gauche) et François GRIMAL (bas droite).

Les partenaires :







